

Maschotta, Kalph; Boymann, Simon; Steuer, Dunja; Pietraszczyk, Martin:

Vergleich kantenlistenbasierter Bildmatchingverfahren zur Bewegungskompensation von Fundusbildern

<i>Zuerst erschienen in:</i>	Biomedizinische Technik = Biomedical Engineering. - Berlin [u.a.] : de Gruyter. - 48 (2003), S1, S. 132-133. Jahrestagung der Deutschen, der Österreichischen und der Schweizerischen Gesellschaften für Biomedizinische Technik ; (Salzburg) : 2003.09.25-27
<i>Erstveröffentlichung:</i>	2003
<i>Datum Digitalisierung:</i>	2009-10-23
<i>ISSN (online):</i>	1862-278X
<i>ISSN(print)</i>	0013-5585
<i>DOI:</i>	10.1515/bmte.2003.48.s1.132
<i>[Zuletzt gesehen:</i>	2019-12-12]

„Im Rahmen der hochschulweiten Open-Access-Strategie für die Zweitveröffentlichung identifiziert durch die Universitätsbibliothek Ilmenau.“

“Within the academic Open Access Strategy identified for deposition by Ilmenau University Library.”

„Dieser Beitrag ist mit Zustimmung des Rechteinhabers aufgrund einer (DFG-geförderten) Allianz- bzw. Nationallizenz frei zugänglich.“

„This publication is with permission of the rights owner freely accessible due to an Alliance licence and a national licence (funded by the DFG, German Research Foundation) respectively.“



VERGLEICH KANTENLISTENBASIERTER BILDMATCHINGVERFAHREN ZUR BEWEGUNGSKOMPENSATION VON FUNDUSBILDERN

Ralph Maschotta, Simon Boymann, Dunja Steuer, Martin Pietraszczyk

Technische Universität Ilmenau
Institut für biomedizinische Technik und Informatik, Ilmenau, Deutschland

SUMMARY: This paper presents different approaches on edge based template matching algorithms. The result of the edge based template matching algorithms are compared with common template matching algorithms. Therefore the correlation between different templates and artificial images with different noise, brightness and contrast were calculated. The results of the different algorithms were compared using the peak signal-to-noise ratio (PSNR).

EINLEITUNG

Im medizinischen Umfeld entstehen häufig große mehrdimensionale Datenmengen. Besonders auf dem Gebiet der Bildverarbeitung müssen rechenintensive Operationen in vertretbarer Zeit auf diesen Daten ausgeführt werden. Eine Möglichkeit der Optimierung besteht darin, die Algorithmen nicht auf den eigentlichen Bildern, sondern auf Merkmalslisten anzuwenden, die aus den Bildern extrahiert werden. Durch die geringere Datenmenge kann der Zeitaufwand bei komplexen Berechnungen erheblich reduziert werden. Eine Aufgabenstellung bei der computergestützten Analyse von Fundusbildern ist die Kompensation von Augenbewegungen. Eine Möglichkeit, dies zu realisieren, besteht in der Verwendung von kantenlistenbasierten Templatematching-Verfahren (KLTMV) [1]. Im folgenden sollen diese mit klassischen Templatematching-Verfahren (TMV) verglichen werden.

MATERIALIEN UND METHODEN

Für den Vergleich der Verfahren werden folgende bekannte TMV verwendet: die Kreuzkorrelation, die normierte Kreuzkorrelation und die empirische Kreuzkorrelation.

Die für die KLTMV benötigten Kantenlisten werden mit Hilfe eines regelbasierten Gradientenalgorithmus

$$S_{pos_x, pos_y} = S_{pos_x, pos_y} + XCorr_{i,j}$$

$$\text{mit } \begin{matrix} pos_x = O_x - T_x, & i = 0, 1, \dots, N-1 \\ pos_y = O_y - T_y, & j = 0, 1, \dots, M-1 \end{matrix} \quad (1)$$

O – Bild-Kantenliste x, y – Kantenposition
T – Template-Kantenliste d – Gradient
S – Korrelationsbild N – Kantenlistengröße Bild
A – max Grauwert (255) M – " Template

berechnet, der zwischen Vorder- und Hinterkante unterscheidet. Dabei werden nur die Kanten in der Kantenliste gespeichert, deren Betrag größer als 10 ist.

$$x_n y_{n-k} = \begin{cases} 0 & \text{für } x_n = 0 \cup y_{n-k} = 0 \\ x_n y_{n-k} \text{ sonst} \end{cases} \quad (2)$$

Für die anschließende Berechnung der Korrelation nach (1) ist es wegen (2) ausreichend, nur diese Kantenlistenpunkte miteinander zu korrelieren [1]. Als KLTMV werden die Kreuzkorrelation (3), die normierte Kreuzkorrelation, eine binäre Kreuzkorrelation (4) und ein Differenz-Algorithmus (5) verwendet.

$$XCorr_{i,j} = O_d T_d, \quad (3)$$

$$XCorr_{i,j} = 1 \quad (4)$$

$$XCorr_{i,j} = a - (O_d - T_d) \quad (5)$$

Ist (2) erfüllt, sind die Ergebnisse der KLTMV mit den entsprechenden TMV auf Kantenbildern identisch. Bei (5) ist (2) nicht erfüllt, was zu unterschiedlichen Ergebnissen zwischen dem KLTMV und einem entsprechenden TMV auf Kantenbildern führt.

Für den Algorithmenvergleich wird als Template ein Kreuz mit einer Linienbreite von einem Pixel und ein Kreis mit einer Auflösung von 50x50 Bildpunkten verwendet. Als Testbilder werden vier Bilder mit einer Auflösung von 2200 Pixel verwendet, in dem das jeweilige Template in 11 Zeilen und Spalten mit einem Abstand von 200 Pixel angeordnet ist. In jedem Bild wird gleichverteiltes Rauschen in 11 Schritten von 0% bis 100% über die Zeile eingefügt. Zusätzlich wird in zwei Bildern in 11 Schritten der Kontrast von -75% bis +75% über die Spalte verändert und in den übrigen zwei Bildern die Helligkeit in 11 Schritten durch Addition des Grauwertes mit -250 bis +250 verändert.

$$PSNR_T = 10 * \log \left(\frac{(S_{pos} - \bar{S}_T)^2}{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (S_{T_i} - \bar{S}_T)^2} \right) \quad (6)$$

pos – Templatemittelpunkt

Für die Auswertung der Ergebnisse wurde der lokale Peak Signal-Rauschabstand (PSNR) (6) an jeder Stelle, an der sich das Templatebild im Originalbild befindet, ermittelt.

ERGEBNISSE

Beim Vergleich der TMV untereinander ist der PSNR für die Kreuzbilder (Abb. 1b) am höchsten. Dabei erreicht das normale TMV die besten Ergebnisse. Bei den Kreisbildern (Abb. 1a) ist der PSNR nicht so hoch. Das empirische TMV liefert bei diesen Templates den höchsten PSNR. Als am wenigsten rauschempfindlich erweisen sich das normierte und das empirische TMV. Weiterhin ist das normale und das empirische TMV leicht abhängig von Helligkeitsänderungen, das normierte TMV stärker, wobei der PSNR bei höherer Helligkeit sogar teilweise ansteigt (Abb. 1c). Gegenüber Kontraständerungen ist das normale und das empirische TMV nicht so empfindlich wie das normierte TMV (Abb. 1d). Wobei auch hier beim normierten TMV der PSNR bei höherem Kontrast ansteigt.

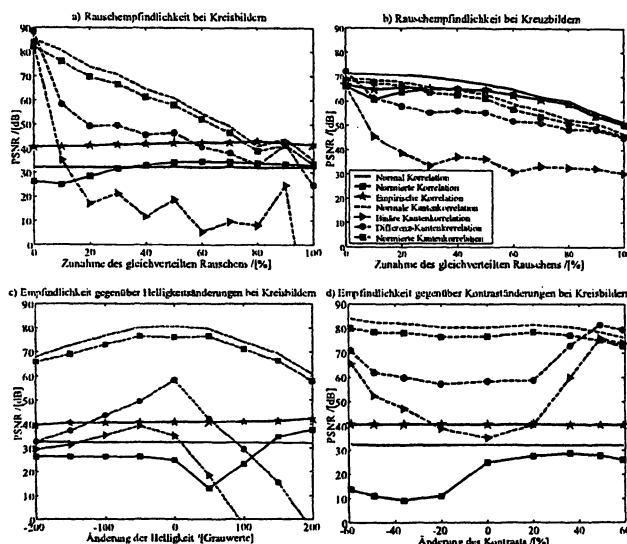


Abbildung 1: PSNR der unterschiedlichen Verfahren bei unterschiedlichen Templates, Rauschen, Helligkeit (bei 10% Rauschen) und Kontrast (bei 10% Rauschen)

Ohne störende Einflüsse ist bei den KLTMV der PSNR bei den Kreisbildern am höchsten (Abb. 1a). Er liegt dabei sogar doppelt so hoch wie bei den TMV. Der PSNR bei den Kreuzbildern liegt in etwa auf dem Niveau der TMV (Abb. 1b). Der Differenz-Algorithmus liefert bei unverrauschten Bildern die besten Ergebnisse. Die KLTMV sind stark rauschempfindlich. Vor allem beim binären KLTMV sinkt der PSNR bereits bei leichten Rauschen erheblich. Auch beim Differenz-Algorithmus sinkt der PSNR, bleibt aber bei den Kreisbildern noch bis zu 50% Rauschen über dem PSNR der TMV. Die anderen KLTMV sind nicht so stark rauschempfindlich. Sowohl eine Zu- als auch eine Abnahme der Helligkeit beeinflussen die Ergebnisse der KLTMV, wobei der PSNR jeweils sinkt (Abb. 1c). Dabei reagieren der Differenz-Algorithmus und das binäre KLTMV empfindlicher als die anderen KLTMV. Auch durch Kontraständerungen werden die Ergebnisse der Differenz- und des binären KLTMV stärker beeinflusst als bei den übrigen KLTMV (Abb. 1d). Jedoch steigt der PSNR bei steigendem und abfallenden Kontrast sogar teilweise über den PSNR anderer Verfahren.

Für die Berechnung eines Bildes benötigten die unoptimierten TMV auf einem P4 mit 1,7GHz 110-210 Minuten Prozessorzeit. Dabei war das normale TMV am schnellsten und das empirische TMV am langsamsten. Die unoptimierten KLTMV benötigten im Gegensatz dazu ohne Kantenberechnung auf demselben System 9-15 Minuten. Dabei verbrauchte das normierte KLTMV am meisten Zeit und das Binäre am wenigsten. Zusätzlich zur Kantenberechnung von 1-2 Minuten, die für alle KLTMV nur einmal durchgeführt werden muss, sind die KLTMV im Schnitt 12 mal schneller als die TMV.

DISKUSSION

Der Geschwindigkeitsvorteil der KLTMV ist durch die geringe Anzahl der Template-Kantenpunkte zu erklären. Die verwendeten Templates besitzen nur ca. 200 Kantenpunkte. Selbst wenn durch das Rauschen an jeder Stelle im Bild ein Kantenpunkt existiert, sind für die Berechnung der Korrelation 12,5 mal weniger Operationen notwendig. Dabei liefern die KLTMV zum Teil deutlich bessere Ergebnisse. Diese sind jedoch stark von der zu Grunde liegenden Kantenerkennung abhängig. Die KLTMV sind empfindlich gegenüber Rauschen, Helligkeits- und Kontrastveränderungen. Weiterhin ist die Rechenzeit von der Anzahl der Kantenpunkte abhängig.

Der zum Vergleich verwendete PSNR ist ein Gütemaß, bei dem bei deutlicher Abweichung von der Normalverteilung, für eine genauere Analyse zusätzliche statistische Maße verwendet werden sollten. Dies ist bei Korrelationsbildern teilweise der Fall. Da jedoch bei ersten Vergleichen anhand von Bildfolgen des Augenhintergrundes ähnliche Ergebnisse beobachtet wurden, ist eine prinzipielle Änderung der Ergebnisse nicht zu erwarten.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die vorgestellten KTMV arbeiten mit einer guten Erkennungsrate und sind durch den verringerten Datenumfang sehr schnell. Sie sind stark von der Leistungsfähigkeit des zu Grunde liegenden Kantenerkennungsalgorithmus bezüglich des Ergebnisses und des Zeitbedarfs abhängig. Deswegen werden die Ergebnisse von der Wahl des Templates, vom Rauschen und von Helligkeits- bzw. Kontraständerungen stark beeinflusst.

Gefördert durch TMWFK: B699-01028, B609-00011

LITERATURHINWEISE

- [1] R. Maschotta, S. Boymann, D. Steuer, Shift reducing of retinal vessel image series by using edge based template matching algorithm, in Proc. Of 2nd European Medical and Biological Engineering Conference, Wien, 2002, 848-849